



بررسی مقاومت درجای پوشش بتنی کانال انتقال آب قزوین

محمود نادری^{۱*} و فرهانه محمدی^۲

^۱ استاد، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران

^۲ دانش‌آموخته، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران

Naderi.m@ikiu.ac.ir

چکیده: استفاده از پوشش کانال‌ها با هدف افزایش مقاومت دیواره‌های خاکی آنها در مقابل آب شستگی، کاهش نفوذ و سایر تلفات آب به منظور افزایش راندمان انتقال آب یک امر ضروری است. از آنجایی که ارزان‌ترین پوشش‌ها نیز هزینه قابل توجهی در بردارند، انتخاب نوع پوشش باید با دقت زیادی صورت گیرد. یکی از پوشش‌های معمول کانال‌های انتقال آب پوشش بتنی است. در بررسی کانال‌ها، نوع آن، مقاومت پوشش کانال بتنی از جمله موارد مهمی محسوب می‌شوند که برای به کارگیری کانال باید مورد توجه قرار گیرند. به همین دلیل، مطالعاتی برای بررسی کیفیت بتن کانال انجام گرفته است. با استفاده از روش درجای پیچش، مقاومت پوشش بتن کانال‌های انتقال آب در استان قزوین اندازه‌گیری شده و در این مقاله ارائه شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که پوشش‌های ساخته شده با عمر ۴۰ سال، با مقاومت ۱۴ تا ۳۴ مگاپاسکال می‌باشد.

کلمات کلیدی: آبیاری، کانال انتقال آب، پوشش کانال، مقاومت، روش پیچش.

The Assessment of In-Situ Strength Linned Concrete of Qazvin Irrigation Canal Using Twist-off Method

M. Naderi and F. Mohammadi

Abstract: Using channels cover to increase the strength of soil walls against permeability, decreasing out wash and other water losses, are the main purposes for improving the water transmitting efficiency. Because the covers are expensive, their application for channels must be taken under great accuracy. Lining by concrete is one of the most common method in water transmission canals. This type of lining/cover has been investigated by many researchers. This study aims to determine the in-situ strength of concrete cover for Qazvin irrigation water transmitting canal. The strength was evaluated by using twist-off method. The method is partially-destructive manner which is fast, cost effective, accurate, simple and applicable for all kinds of horizontal and vertical concrete surfaces. The results of this research show that the covers are 40-year old with in-situ strength of 14-34 MPa. The concrete cover locates under water level and is exposed to wetting and drying, frequent freezing and thawing and permanent corrosion. The concrete cover is also under the sulphide and chloride attacks, strongly. After twist-off test, The concrete covers with insufficient strength were replaced after twisting-off test. Hence, the new concrete cover has the ability to resist against physical and chemical damages. To increase the efficiency of transported water, it is recommended that the concrete covers of conveys, to the cement content of designs, the w/c ratio, the aggregate size, the additives (e.g. pozzolan), performing condition and curing, all must be taken in consideration.

Keywords: Irrigation, Water transfer canal, Canal lining, Strength, Twisting method.

۱- مقدمه

در چند دهه اخیر، هزینه تعمیر و نگهداری سازه های بتنی حتی در طول عمر مفیدشان بسیار بالا بوده و درصد بالایی از بودجه ساختمانی کشورها را به خود اختصاص داده است [۱]. بنابراین برای مطالعه رفتار و دوام و همچنین برای جایگزینی مناسب مواد و مصالح در تعمیر و مرمت، اطلاع از مقاومت واقعی مصالح بکار گرفته شده در بناها از اهمیت ویژه ای برخوردار است [۲].

در این خصوص اهمیت تعیین درجای مقاومت بتن در سازه جهت تقویت، مقاوم سازی و ارزیابی و تعمیر به حدی است که عدم انجام آن می تواند به دلیل عدم شناخت کافی از رفتار کنونی مصالح منجر به اتلاف سرمایه ملی شود. زیرا امکان دارد مقاومت سازه ای در حد قابل قبول باشد اما تصمیم به تخریب آن گرفته شود و یا اینکه از مصالح با کیفیت غیر قابل قبول استفاده گردد و یا از مصالح گرانی استفاده گردد که با دیگر مصالح موجود سازگاری نداشته و هزینه را افزایش دهد. به علاوه باید توجه داشت که گذشت زمان و شرایط محیطی و بهره برداری تأثیر بسزائی در مقاومت موجود بتن سازه دارد که در تعیین مقاومت اولیه از طریق نمونه گیری و آزمایش آن در آزمایشگاه، غیر قابل پیش بینی می باشند [۳].

روشهای آزمایشگاهی آزمون های مقاومت بتن سابقه ای طولانی دارند. از سال ۱۹۶۰ به بعد روشهای آزمون درجای بتن سخت شده نیز مورد توجه قرار گرفته اند و پس از ۱۹۸۲ پیشرفتهای قابل توجهی در روش ها و دستگاه های مورد استفاده در این روشها صورت گرفته است [۱]. روش های متعددی جهت آزمون بتن در سازه ابداع گردیده است که به طور کلی به سه گروه مخرب، نیمه مخرب و غیر مخرب تقسیم بندی می شود [۴]. در سالهای اخیر پس از کوشش های زیاد، روش درجای نیمه مخرب پیچش ابداع گردیده که پارامترهایی بصورت غیرمستقیم اندازه گیری و سپس با استفاده از روابطی، مقاومت مصالح مورد نظر تخمین زده می شود [۵ و ۶]. این روش با خرابی جزئی دارای مزایای زیادی است. از قبیل سرعت، دقت، هزینه ی

کم، سادگی و کاربرد وسیع برای انواع سطوح افقی و عمودی و ... اجرا شده بتن می باشد [۷].

از موارد استفاده ی روش پیچش در مطالعات سال های اخیر می توان به تعیین مقاومت بتن و ملات تعمیری در بتن خودتراکم [۸ و ۹]؛ تعیین مقاومت بتن سبک ساخته شده با سبک دانه های لیکا، اسکریا و پرلیت [۱۰]؛ تعیین مقاومت چسبندگی صفحات CFRP در برابر تغییر دما، تر و خشک شدن و یخ زدن و آب شدن [۱۱ و ۱۲]؛ اثر مقاومت و چسبندگی ورق CFRP بر مقاومت نهایی تیرهای بتنی [۱۳]؛ تعیین مقاومت سطحی بتن در سیستم های فاضلابی [۱۴] و بررسی مقاومت تیرهای مسلح شده با ورق های FRP [۱۵] اشاره نمود.

۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

در هر کار تحقیقاتی می بایست اشراف کامل به محدوده مورد مطالعه داشت تا بتوان تأثیر آن را بر روی نتایج حاصله برآورد نمود. استان قزوین با مساحتی معادل ۱۵۸۲۱ کیلومتر مربع بین ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی در حوزه مرکزی و در دامنه های جنوبی رشته کوه البرز واقع گردیده و در قسمت های شمالی، غربی و جنوبی کوهستانی بوده و قسمت های مرکزی و شرق آن را دشت تشکیل می دهد [۱۶].

عوامل محیطی در طول مدت سال و بسته به شرایط جغرافیایی و منطقه تغییر می کند و بر خواص و کیفیت بتن اثر گذار می باشد. محدوده مورد بررسی دارای ۳ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در تاکستان، قزوین و آبیک می باشد. بر اساس اطلاعات سازمان هواشناسی استان قزوین مشاهده می گردد که تاکستان نسبت به منطقه قزوین و آبیک، از نظر عوامل محیطی بر کیفیت بتن دارای بیشترین تعداد روزهای یخبندان، کمترین حداقل مطلق درجه حرارت، حداکثر سرعت باد، کمترین رطوبت و بیشترین میزان تبخیر می باشد و آبیک با کمترین روزهای یخبندان، کمترین سرعت باد،

جدول 1. نام گذاری و انتخاب انجام آزمون

Table 1. Naming and Selecting of Testing Location

To Kilometer	From Kilometer	Location	Situation
3+445	0+000	--	---
11+481	3+445	1	Ziaran
19+680	11+481	2	Behjat Abad
29+202	19+680	3	Shahid rajai
38+568	29+202	4	Hesar khorvan
45+910	38+568	5	Mehregan
51+433	45+910	6	Najaf Abad
62+000	51+433	7	Qazvin
68+805	62+000	8	Naser Abad
73+630	68+805	9	Mahmood Abad
78+150	73+630	10	Nezam Abad
83+150	78+150	11	Dolat Abad
85+870	83+150	12	Qomyek
94+041	85+870	13	Kahak

۴- تعیین مقاومت در جای بتن به روش "پیچش"

روش جدید " پیچش " که توسط " نادری " در سال ۲۰۰۵ میلادی ابداع گردید [۱۹] یک روش دقیق با کاربری وسیع در تعیین مقاومت بتن هم در آزمایشگاه و هم در محل می باشد و به عنوان یک تکنیک سریع، دقیق و کم هزینه با خرابی جزئی، در قلمرو آزمون های نیمه مخرب محسوب می گردد. ویژگی های این دستگاه ساده آن را در مقایسه با سایر آزمون های درجا ممتاز ساخته است. این آزمون در حالت های افقی، قائم و به طور کلی بر روی هر سطح صافی به سادگی و بدون نیاز به برنامه ریزی قبلی قابل انجام می باشد. ابزار مورد استفاده در این آزمون بسیار ساده و قابل دسترس بوده و انجام آزمون نیاز به مهارت قبلی ندارد [۲۰]. ابزار مورد نیاز جهت انجام آزمون پیچش شامل:

(a) پیچش سنج (ترکومتر)

جهت اندازه گیری لنگر پیچشی اعمال شده به نمونه از این وسیله استفاده می شود. پیچش سنج دستگاهی شبیه به آچار است که روی بازوی آن یک گیج نصب شده که قرائت لنگر از روی آن صورت می گیرد.

(b) استوانه فلزی

بیشترین رطوبت و کم ترین میزان تبخیر و بیشترین حداقل مطلق درجه حرارت شرایط مطلوب تری از نظر عوامل محیطی بر کیفیت بتن دارد. قزوین شرایط مابینی نسبت به دو منطقه را دارا می باشد. به طور میانگین می توان بیان کرد که با حرکت از آبیگ به سمت تاکستان با تغییر جغرافیایی عوامل محیطی موثر بر بتن بحرانی تر و نامطلوب تر می شود [۱۷].

شبکه آبیاری و زهکشی دشت قزوین از تأسیسات ذخیره، انتقال و توزیع مشتمل بر سد مخزنی طالقان، تونل انتقال آب، سد انحرافی زیاران، کانال اصلی، چاه های عمیق تلفیقی، کانال های درجه ۱ و ۲ و کانال های درجه ۳ و ۴ بهره مند است [۱۶]. شبکه آبیاری و زهکشی دشت قزوین جمعاً به طول کلی کانال ها ۱۰۴۷ کیلومتر متشکل از ۵۱۹ شاخه کانال اصلی و کانال های درجه ۱، ۲، ۳ و ۴ می باشد. از این مقدار کانال اصلی بطول ۹۳/۸ کیلومتر، کانال های درجه ۱ به تعداد ۳۷ شاخه به طول 203.7 کیلومتر، کانال های درجه ۳ به تعداد ۹۷ شاخه به طول ۲۵۴/۵ کیلومتر و کانال های درجه ۴ به تعداد ۳۸۴ شاخه به طول 494.8 کیلومتر می باشد [۱۶].

۳- انتخاب محل بررسی

ابعاد و دبی جریان عبوری در کانال اصلی قزوین در طول 93.8 کیلومتر خود دارای تغییراتی می باشد که باعث می شود هر ناحیه از این مسیر دارای مشخصات هیدرولیکی متفاوتی باشد؛ اما لازم به ذکر است که هیچ گونه تغییری در شیب جداره ی لاینینگ بتنی وجود ندارد. بر اساس تغییرات ابعادی، مشخصات هیدرولیکی و شرایط محیطی؛ ۱۳ منطقه جهت انجام آزمون پیچش انتخاب می گردد. به خطی که در اثر گذر سیال آب بر روی پوشش بتنی به جای مانده است، داغاب گفته می شود. بنابراین به منظور بررسی میزان مقاومت پوشش بتنی مصرفی، آزمون پیچش در هر منطقه در دو ناحیه ی بالای خط داغاب و پایین داغاب تکرار می شود. در جدول 1 نام گذاری، محدوده مکانی آزمون عنوان گردیده است [۱۸].

لحظه گسیخته شدن بتن از سطح زیرین استوانه افزایش می‌یابد [۲۰]. همانطور که در شکل ۳ مشخص است، خرابی حاصل از انجام آزمون جزئی بوده و به سادگی توسط ملات و با دست ترمیم می‌گردد. پس از اطمینان از گذر زمان مورد نیاز جهت خشک شدن کامل چسب، عمق کنده شدگی پوشش بتنی در آزمون پیچش می‌تواند نشانگر کیفیت مقاومتی باشد چراکه هرچه عمق کنده شدگی بیشتر باشد، بتن مقاومت پایین تری دارد.

آزمایش‌های وسیعی که در تعیین مقاومت درجای بتن با استفاده از این روش صورت گرفته است. به طوری که در مطالعات پیشین [۳، ۴، ۷، ۸، ۱۹ و ۲۰] نتایج روش درجای پیچش با دیگر روش‌های مخرب همچون جک بتن شکن و یا روش‌های نیمه مخرب مانند مغزه‌گیری مقایسه گردیده است و نتایج نشان می‌دهد یک

جهت انتقال لنگر پیچشی از ترکمتر به بتن از یک استوانه فلزی به قطر ۴ سانتی متر و ارتفاع ۲/۵ سانتی متر استفاده می‌شود. در مرکز یک قاعده این استوانه یک سوراخ چهارگوش جهت قرارگیری ترکمتر وجود دارد. برای انجام آزمایش بایستی طرف صاف استوانه به وسیله چسب به سطح نمونه چسبانده شود، ضخامت چسب برای پوشاندن سطح مقطع استوانه فلزی ۳ میلی متر است و به منظور گیرش نهایی چسب مدت زمان ۱۶ ساعت مناسب می‌باشد. پس از انجام تست سطح استوانه به وسیله چکش و سوهان تمیز گردیده تا برای تست بعدی آماده شود. در شکل ۱ نمونه ای از استوانه چسبانده شده بر سطح بتن قابل مشاهده است.



شکل ۱. استوانه فلزی

Fig. 1. Metal cylinder



شکل ۲. (الف) چسباندن چسب به استوانه فلزی. (ب) چسباندن استوانه فلزی به سطح بتن.

Fig. 2. Gluing of metal cylinder to concrete surface



(C) چسب
با توجه به اینکه سطح مورد آزمایش شیب دار است، به چسبی نیاز است که از نظر غلظت، میزان روانی و وزن مخصوص توان ایستادگی در سطح شیب دار را داشته باشد. چسب مورد استفاده از نوع پوتی اپوکسی دو جزئی با نسبت ترکیب ۱:۱ و با نام تجاری Nitomortar® FC از شرکت عمران صنعت آوا تهیه گردید. مشخصات چسب پوتی اپوکسی در جدول ۲ آورده شده است.

روش آزمون بر این اساس استوار است که استوانه فلزی به قطر ۴۰ و ارتفاع ۲۵ میلی متر، توسط ماده چسباننده که معمولاً یک سیستم اپوکسی دو قسمته است، بر روی محل آزمون چسبانده می‌شود. شکل ۲ نحوه چسب زدن استوانه را نشان می‌دهد. سپس توسط یک پیچش سنج دستی معمولی، مطابق با شکل ۳، گشتاور پیچشی مستقیماً به دستگاه استوانه‌ای مذکور اعمال می‌گردد و به طور پیوسته و یکنواخت تا

بررسی مقاومت در جای پوشش بتنی کانال انتقال آب قزوین

مناسبی برای قسمت غربی شبکه تمهید نشده است چرا که مناطقی از کانال به کل فاقد پوشش بتنی هستند.

نتایج مربوط به انجام این آزمون ها ، میانگین هر آزمون به صورت جداگانه در جدول ۲ ارائه گردیده است. اکنون می توان این نتایج را با هم مقایسه نمود و در مورد تغییرات بتن در طول آزمایش اظهار نظر کرد.



شکل 5. مناطقی از کانال اصلی دشت قزوین فاقد پوشش.
Fig. 5. Some Area of the main canal in Qazvin Plain without Concrete Cover

از بررسی نتایج مشاهده می گردد مقاومت های اندازه گیری شده در بالا و پایین داغاب در سطح کانال انتقال آب شهر قزوین دامنه وسیعی دارد. به طوریکه میانگین مقاومت فشاری محاسبه شده در بالا و پایین داغاب به ترتیب ۲۸ و ۲۲ مگاپاسکال است.

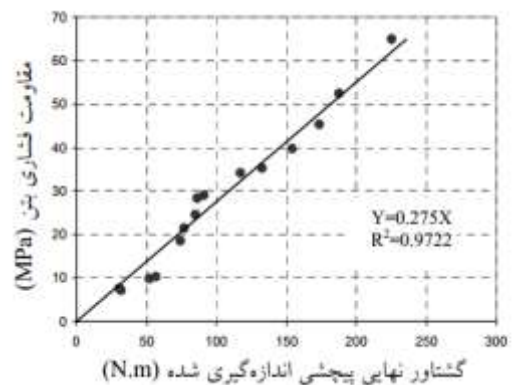
همین نتایج به صورت نمودار در شکل های ۶ و ۷ نشان داده شده اند تا مقایسه آنها را ساده تر نماید. جهت مقایسه پراکندگی توزیع های گوناگون از معیار ضریب تغییرات (CV) به صورت درصد استفاده شده است. بدین ترتیب جهت آگاهی از میزان پراکندگی هر آزمایش پیچش در بالا و پایین داغاب همچنین میزان تفاوت داده های پایین داغاب نسبت به بالای داغاب در هر مکان، ضریب تغییرات مطابق جدول ۳ محاسبه گردید.

ضریب تغییرات بین داده های پایین داغاب و داده های بالای داغاب و همچنین ضریب تغییرات داده های پایین داغاب نسبت به بالای داغاب به صورت نمودار در شکل ۸ و ۹ ارائه می گردد.



شکل 3. آزمون پیچش و خرابی جزئی حاصل از انجام آزمون "پیچش".

Fig. 3. Twist-Off method and its partial destruction
یک همبستگی خطی ($R^2 = 0/9722$) میان مقاومت فشاری بتن و گشتاور نهایی پیچشی اعمال شده متناظر وجود دارد، به طوری که مقاومت فشاری، یک تابع خطی از گشتاور پیچشی نهایی اعمال شده متناظر می باشد. بدین ترتیب دقت، صحت و درستی نتایج قابل دریافت خواهد بود.



شکل 4. منحنی کالیبراسیون متوسط گشتاور پیچشی اعمال شده - مقاومت فشاری بتن [۲۰].

Fig. 4. Torsional moment calibration-compressive strength of concrete curve [20]

بنابراین با در اختیار داشتن گشتاور پیچشی نهایی اعمال شده و مراجعه به منحنی های کالیبراسیون همانند شکل ۴ می توان مقاومت فشاری بتن را با دقت بسیار بالایی اندازه گیری نمود [۲۰].

۵- نتایج به دست آمده و تحلیل آن ها

با توجه به مشاهدات میدانی مطابق با شکل ۵ می توان عنوان کرد که بیش از ۹۰ درصد بتن کانال در شرق سیستم آبیاری (از زیاران تا قزوین) را پوشش بتنی قدیم تشکیل می دهد در حالی که قریب به ۷۰ درصد از پوشش بتنی غرب شبکه (از قزوین تا تاکستان) را بتن کانال جدید تشکیل می دهد و مراقبت و نگهداری

جدول 2. مشخصات چسب پوتی اپوکسی

Table 2. Properties of Puty Epoxy glue				Compressive Strength of top Layer	Mix Ratio	Business Name
Curing Time	Initial Setting Time	Final Setting Time	Final Setting Time			
35 □	25 □	35 □	25 □	70 N/mm ² @ 7 days	1:1	Nitomortar® FC
4 hour	10 hour	1.30 hour	4 hour			

هستند و پراکندگی اندکی دارند؛ در حالی که انحراف معیار بزرگ بیانگر پراکندگی قابل توجه داده‌ها می‌باشد.
معمولاً داده‌های با انحراف معیار بیشتر از دو به عنوان داده‌های پرت در نظر گرفته و از تحلیل، خارج می‌شوند.

جدول 3. نتایج به دست آمده از انجام آزمون پیچش به همراه میانگین و محاسبه ضریب تغییرات

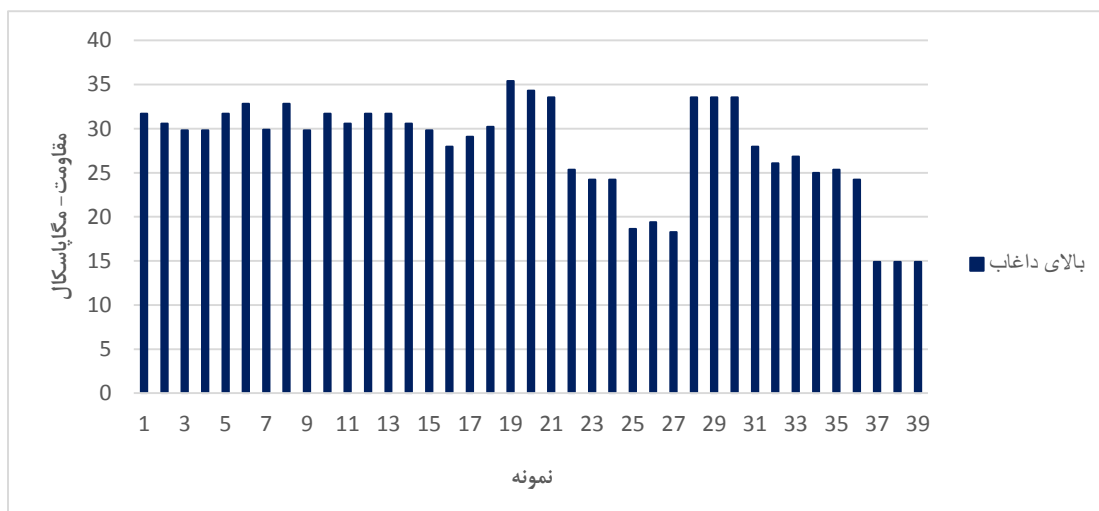
Table 3. Result obtained from Twist-Off test as well as coefficient of variations

Between the Data		Down Water Mark To Top Water Mark		Average	Test			Situation	Location
Coefficient Variations	Standard Deviation	Coefficient Variations	Standard Deviation		3	2	1		
2.49	0.74			30.69	29.82	30.57	31.69	Top Water Mark	1
1.96	0.52	12.66	3.88	26.84	27.21	26.09	27.21	Down Water Mark	
3.91	1.23			31.44	32.81	31.69	29.82	Top Water Mark	2
1.33	0.35	16.24	5.1	26.34	26.84	26.09	26.09	Down Water Mark	
4.56	1.4			30.82	29.82	32.81	29.82	Top Water Mark	3
2.84	0.76	12.74	3.92	26.96	26.09	26.84	27.96	Down Water Mark	
1.68	0.52			31.31	31.69	30.57	31.69	Top Water Mark	4
1.35	0.35	17.49	5.47	25.85	26.09	25.35	26.09	Down Water Mark	
2.49	0.76			30.69	29.82	30.57	31.69	Top Water Mark	5
0	0	14.97	4.59	26.09	26.09	26.09	26.09	Down Water Mark	
3.14	0.91			29.08	30.20	29.08	27.96	Top Water Mark	6
1.35	0.35	11.17	3.25	25.85	26.09	26.09	25.35	Down Water Mark	
2.22	0.76			34.42	33.55	34.30	35.42	Top Water Mark	7
1.37	0.35	25.65	8.83	25.60	26.09	25.35	25.35	Down Water Mark	
2.14	0.52			24.60	24.23	24.23	25.35	Top Water Mark	8
2.64	0.35	45.98	11.31	13.29	13.04	13.04	13.79	Down Water Mark	
2.47	0.46			18.76	18.26	19.38	18.64	Top Water Mark	9
6.35	0.76	35.99	6.75	12.05	11.93	13.04	11.18	Down Water Mark	
0	0			33.55	33.55	33.55	33.55	Top Water Mark	10
2.14	0.52	26.71	8.96	24.60	24.23	25.35	24.23	Down Water Mark	
2.84	0.76			26.96	26.84	26.09	27.96	Top Water Mark	11
3.036	0.76	7.049	1.9	25.22	24.23	25.35	26.09	Down Water Mark	
1.87	0.46			24.85	24.23	25.35	24.98	Top Water Mark	12
1.86	0.35	24.04	5.97	18.89	18.64	19.38	18.64	Down Water Mark	
0	0			14.91	14.91	14.91	14.91	Top Water Mark	13
2.63	0.3	22.59	3.36	11.55	11.18	11.55	11.93	Down Water Mark	

اگر انحراف معیار مجموعه‌ای از داده‌ها نزدیک به صفر باشد، نشانه آن است که داده‌ها نزدیک به میانگین

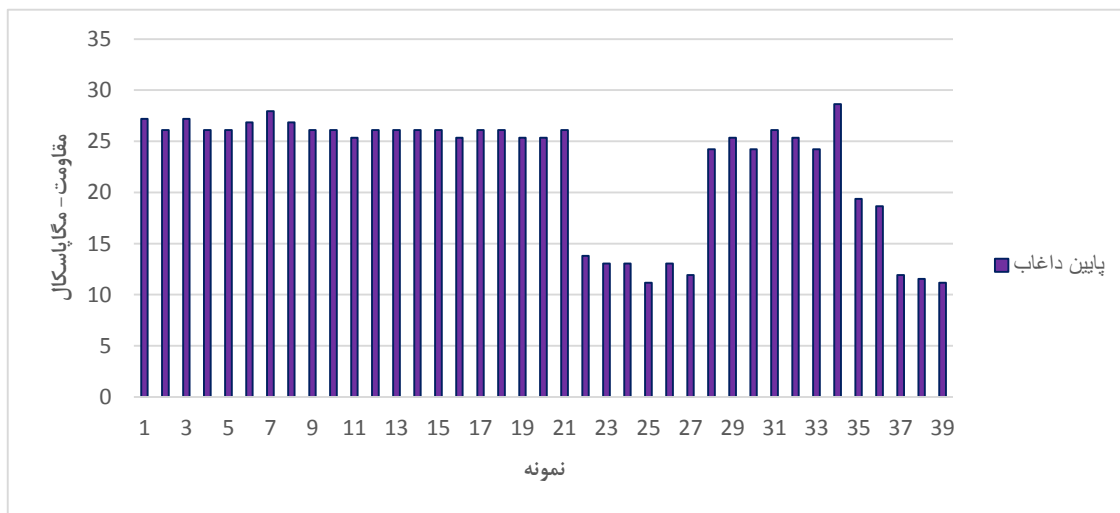
پایین داغاب بیشتر است. علت پایین بودن مقاومت فشاری در پایین داغاب نسبت به بالای داغاب و بالا بودن ضریب تغییرات قید شده را می‌توان به دلیل حمله سولفات‌ها، کلرور ها و باکتری‌ها موجود در آب همچنین کربناتی شدن بتن، واکنش قلیایی، یخ زدگی و ذوب متوالی، فرسایش و سایش و نفوذ نمک در بتن دانست.

همان طور که ملاحظه می‌گردد در بین داده‌های آزمایش‌های پیچش در پایین و بالای داغاب انحراف معیار کمتر از ۲ و ضریب تغییرات (پراکندگی توزیع) زیر ۱۰ درصد بوده که حاکی از صحت داده‌های آزمون "پیچش" می‌باشد.



شکل 6. نمودار مقاومت‌های اندازه گیری شده در بالای داغاب بتن کانال.

Fig. 6. Curve of measured strength above the water mark in concrete canal



شکل 7. نمودار مقاومت‌های اندازه گیری شده در پایین داغاب بتن کانال

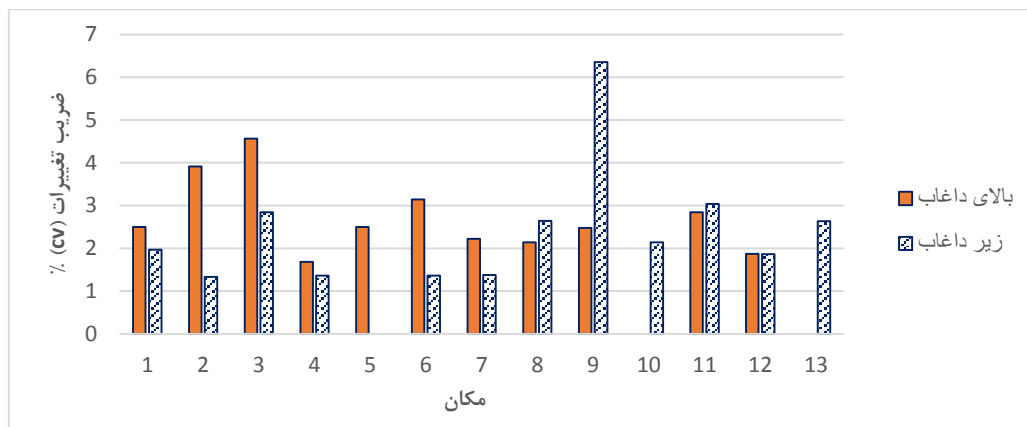
Fig. 7. Curve of measured strength below the water mark in concrete canal

در واقع بتن در زیر داغاب در معرض تر و خشک شدن دائمی می‌باشد و این بتن بیشتر مستعد خرابی‌های کربناسیونی خواهد بود. کاهش حجم منافذ به سبب

اما ضریب تغییرات بسیار بالایی بین داده‌های پایین داغاب نسبت به بالای داغاب در بتن کانال ملاحظه می‌شود. همچنین مقاومت فشاری بتن کانال در بالای داغاب در تمامی مکان‌ها از مقاومت فشاری بتن در

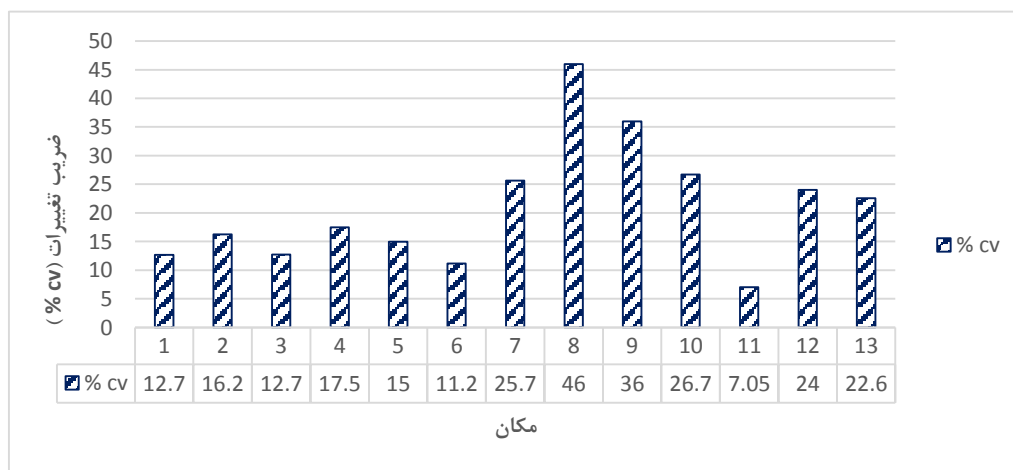
شبکه آبیاری به سمت غرب شبکه آبیاری (از آبیک به سمت تاکستان) کاهش می یابد. همچنین مقاومت بتن بالای داغاب به عنوان بتن دست نخورده که در معرض سیکل تر و خشک شدن، سایش و فرسایش نمی باشد، دارای مقادیر یکسانی نبوده و نتایج حاکی از متفاوت بودن مقاومت اندازه گیری شده می باشد.

تشکیل مصالح حاصل از فرآیندهای کربناسیون و هیدراتاسیون و تراکم بخار آب بر روی دیواره های منافذ آن در تعادل با دما و رطوبت نسبی محیط پیرامون باعث ایجاد ترک و خرابی بتن شده است که این امر باعث کاهش مقاومت فشاری پوشش بتنی در پایین داغاب می شود.



شکل 8. نمودار ضریب تغییرات بین نمونه‌های پایین و بالای داغاب در بتن کانال.

Fig. 8. Coefficient of variations curve of above and below of the water mark in concrete canal



شکل 9. نمودار ضریب تغییرات داده‌های پایین داغاب نسبت به بالای داغاب در بتن کانال

Fig. 9. Coefficient of variations curve of below the water mark data to above the water mark data

از آنجایی که مسیر لاینینگ بتن بسیار طولانی است بنابراین نمی توان انتظار داشت که تمامی شرایط یکسان بوده باشد؛ اما با فرض یکسان بودن طرح اختلاط، انتقال بتن، تراکم و عمل آوری ... تنها عامل

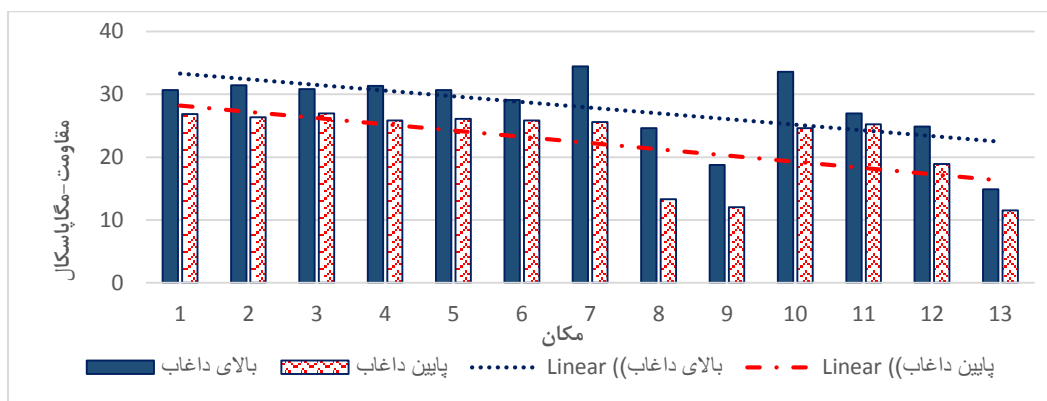
با افزایش تعداد روز های یخبندان، کاهش حداقل درجه حرارت، افزایش سرعت باد، کاهش رطوبت و افزایش تبخیر؛ میزان مقاومت فشاری کاهش می یابد به همین دلیل مطابق آنچه که در شکل ۱۰ مشاهده می شود، مقاومت بتن کانال به طور میانگین از قسمت شرقی

می‌باشد که به ترتیب در شکل ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است. بیشترین مقاومت درجا بالای داغاب مربوط به مکان شماره ۷ با مقدار ۳۴ مگاپاسکال و کم‌ترین آن مربوط به مکان شماره ۱۳ با مقاومت ۱۴ مگاپاسکال است. همین‌طور بیشترین مقاومت پایین داغاب مربوط به مکان شماره ۳ با مقدار ۲۶ مگاپاسکال در شرق سیستم شبکه آبیاری و کم‌ترین آن مربوط به مکان شماره ۱۳ با مقاومت ۱۱ مگاپاسکال در غرب سیستم شبکه آبیاری می‌باشد.

نکته مهم دیگری که از مطالعه نتایج به دست آمده جلب توجه می‌نماید، تفاوت فاحش مقاومت‌ها در کل

سطح

موثر بر آن را می‌توان نوع بهره برداری و میزان در دسترس بودن کانال برای کشاورزان دانست. علاوه بر این؛ شرایط محیطی همچون آب و هوا (سیکل‌های یخبندان، میزان رطوبت، تبخیر، وزش باد و جمع‌شدگی حاصل از خشک شدن بتن و ...) نیز موثر است. بنابراین در صورتی که کانال انتقال آب از دسترس کشاورزان به دور باشد به گونه‌ای که نتوانند بهره‌برداری غیر مجاز و فرآیند آب‌کشی با پمپاژ داشته باشند، آن منطقه از نظر میزان مقاومت دارای وضعیت بهتری می‌باشد.



شکل 10. نمودار مقایسه میانگین مقاومت در بالای داغاب و پایین داغاب بتن کانال.

Fig 10. Curve of comparison between the average strength in above and below water mark

کانال است. باید توجه داشت که نه فقط توزیع مقدار میانگین مقاومت، بلکه توزیع آماری میانگین مقاومت نیز بسیار مهم می‌باشد. در جدول ۴ مقاومت فشاری حاصل از انجام آزمون‌ها در لاینینگ کانال مورد مطالعه به ۵ طبقه تقسیم بندی شده است.

جدول 4. طبقه بندی میانگین مقاومت بالا و پایین داغاب

Table 4. Classification of average strength in above and below of the water mark

Percentage for Down Water Mark	Percentage for Top Water Mark	Classification
23.07	7.69	Under 15 MPa
7.69	7.69	Between 15 to 22 MPa

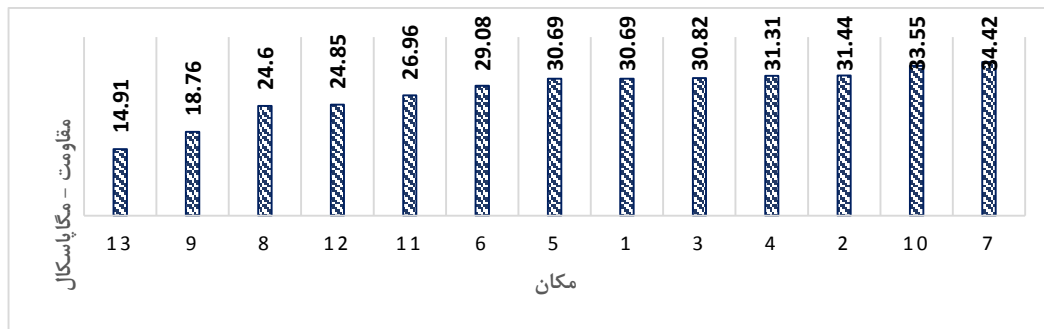
تهران - قزوین، قزوین - رشت) و یا کارخانه‌ها و نیروگاه قرار دارند به دلیل تاثیر دی اکسید کربن بر بتن از وضعیت چندان مناسبی برخوردار نیستند. PH بتن با نفوذ و انتشار گازهای موجود در محیط و تشکیل اسیدها تغییر می‌یابد. گازهای موثر اصلی CO₂ هوا و SO₃ موجود در آب باران می‌باشد که در این میان دی اکسید کربن موجود در هوا از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد و در نتیجه نفوذ آن به درون بتن در مجاورت رطوبت آب پدیده کربناسیون و خرابی بتن روی خواهد داد که این امر موجب کاهش مقاومت بتن می‌گردد.

مقاومت فشاری بالای داغاب بتن کانال مورد مطالعه به طور میانگین بین ۱۴ مگاپاسکال تا ۳۴ مگاپاسکال و در پایین داغاب بین ۱۲ مگاپاسکال تا ۲۶ مگاپاسکال

فرسایش و ...)، خرابی های شیمیایی (ناشی از حمله سولفاتی و اسیدی، واکنش های سیلیکاتی-قلیایی) و خرابی های خوردگی (ناشی از کربناسیون و حمله کلرایدی) را داشته باشد. پارامترهای ساختاری بتن شامل عیار سیمان، نسبت آب به سیمان، اندازه سنگدانه و مقدار پوزولان و ...و شرایط اجرایی و بهره برداری همچون میزان تراکم و نوع عمل آوری بتن باید در پوشش ترمیمی به درستی لحاظ شود تا پوشش بتنی مرغوبی جهت افزایش راندمان انتقال و توزیع آب حاصل گردد. همچنین در مناطقی که فاقد پوشش بتنی هستند؛ با نفوذ آب در خاک و انتشار آن به لایه های زیرین در لاینینگ های مجاور فشار هیدرواستاتیکی ایجاد می کنند. فشار هیدرواستاتیکی

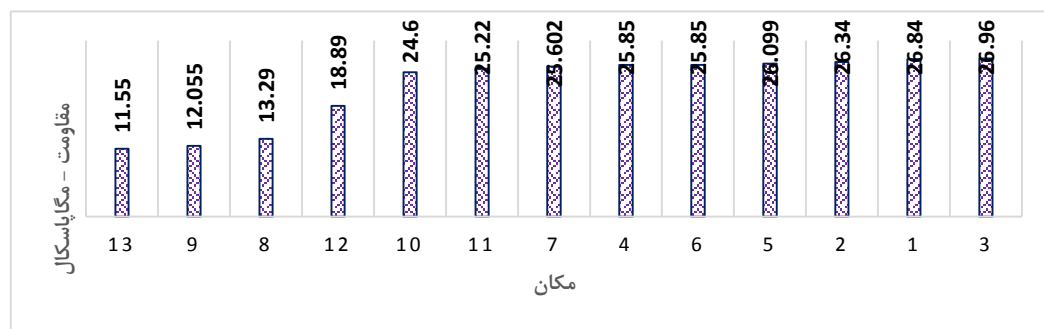
69.23	30.76	Between 22 to 30 MPa
0	53.84	Between 30 to 35 MPa
0	0	More than 30 MPa

از شکل ۱۳ ملاحظه می گردد در بالای داغاب در مجموع نزدیک به ۱۵ درصد و در پایین داغاب نزدیک به ۳۱ درصد از مقاومت های اندازه گیری شده کمتر از حد انتظار است به طوری که از این میان ۸ درصد از مقاومت های اندازه گیری شده ی بالای داغاب و ۲۳ درصد از مقاومت های پایین داغاب کمتر از ۱۵ مگاپاسکال بوده که اساساً فاقد مقاومت می باشد.



شکل ۱۱. نمودار بیشترین و کم ترین میانگین مقاومت بالای داغاب کانال بتنی.

Fig. 11. Curve of Maximum and Minimum Average Strength in Above of the Water Mark



شکل ۱۲. نمودار بیشترین و کم ترین میانگین مقاومت پایین داغاب کانال بتنی.

Fig. 12. Curve of Maximum and Minimum Average Strength in Below of the Water Mark

عاملی جهت سست و کنده شدن پوشش های بتنی مجاور می شوند. بنابراین در این مناطق (غرب شبکه آبیاری) می بایست هرچه سریع تر لاینینگ جدید اضافه گردد.

به یقین در مناطقی که مقاومت اندازه گیری شده فاقد مقاومت لازم کاربری است، باید تعویض و جایگزین گردد. در لاینینگ ترمیمی باید از علم تکنولوژی بتن استفاده گردد تا پوشش بتن جدید توان مقابله در برابر خرابی های فیزیکی (ناشی از یخ زدگی، سایش و

بررسی مقاومت در جای پوشش بتنی کانال انتقال آب قزوین

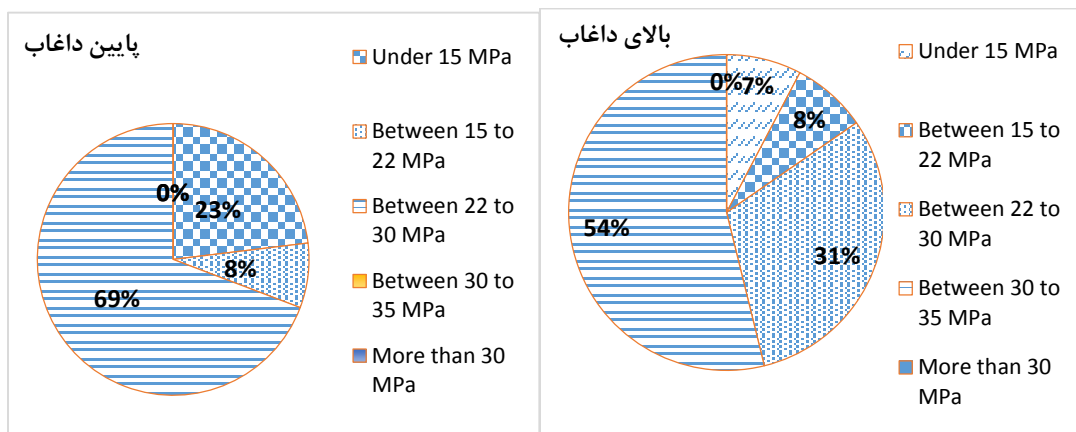
بنابراین بین دو کمیت میانگین مقاومت بالای داغاب (Top water mark) و پایین داغاب (Down water marker) هر مکان همبستگی وجود دارد. شکل ۱۴ نمودار خط برازش داده شده بین مقاومت های به دست آمده از بتن کانال را در پایین داغاب و بالای داغاب نشان می دهد. از بین معادلات همبستگی ارائه شده تابع نمایی با $Sig.F = 0/00$ و ضریب همبستگی $0/۸۱۸$ بهترین معادله خطی برازش شده انتخاب می گردد.

۷- نتیجه گیری

۱- به منظور تعیین مقاومت درجا پوشش بتنی کانال انتقال آب قزوین، استفاده از روش "پیچش" با خرابی

۶- تحلیل آماری نتایج با به کار گیری نرم افزار SPSS

با استفاده از نرم افزار SPSS رابطه همبستگی بین میانگین نتایج به دست آمده از تعیین مقاومت بتن کانال، در پایین داغاب با عبارت (Down.water.mark) و بالای داغاب با عنوان (Top.water.mark) برای مکان های مختلف محاسبه شده است. در جدول ۵ معادلات همبستگی در پایین و بالای داغاب ارائه گردیده است. در سطح اطمینان ۹۵ درصد یا به عبارتی در سطح معنی داری ۵ درصد ملاحظه می گردد که مقدار Sig.F در تمام معادلات برازش شده، کمتر از $0/۰۵$ می باشد.

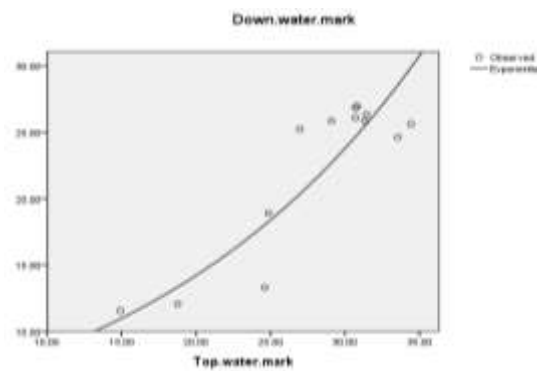


شکل 13. نمودار درصد فراوانی مقاومت فشاری در بالای داغاب و پایین داغاب.

Fig. 13. Frequency percentage curve of compressive strength in above and below of the water mark

جزئی، سادگی کار و هزینه اندک بسیار مفید و کار آمد است.

۲- مقاومت فشاری بتن کانال در بالای داغاب در تمامی مکان ها از مقاومت فشاری بتن در پایین داغاب بیشتر است. میانگین مقاومت فشاری محاسبه شده در بالا و پایین داغاب به ترتیب ۲۸ و ۲۲ مگاپاسکال است. ۳- علت پایین بودن مقاومت فشاری در پایین داغاب نسبت به بالای داغاب را می توان به دلیل حمله سولفات ها، کلرور ها و باکتری ها موجود در آب همچون کربناتی شدن بتن، واکنش قلیایی، یخ زدگی و ذوب متوالی، فرسایش و سایش و نفوذ نمک در بتن



شکل 14. نمودار بهترین خط برازش داده شده در بین مقاومت بالای داغاب و پایین داغاب بتن کانال

Fig. 14. Curve of the best fit line between average strength of above and below of the water mark.

مگاپاسکال می‌باشد. همچنین بیشترین مقاومت درجا بالای داغاب مربوط به مکان شماره ۷ با مقدار ۳۴ مگاپاسکال و کم‌ترین آن مربوط به مکان شماره ۱۳ با مقاومت ۱۴ مگاپاسکال است. همین‌طور بیشترین مقاومت پایین داغاب مربوط به مکان شماره ۳ با مقدار ۲۶ مگاپاسکال در شرق سیستم شبکه آبیاری و کم‌ترین آن مربوط به مکان شماره ۱۳ با مقاومت ۱۱ مگاپاسکال در غرب سیستم شبکه آبیاری می‌باشد.

۷- در بالای داغاب در مجموع نزدیک به ۱۵ درصد و در پایین داغاب نزدیک به ۳۱ درصد از مقاومت‌های اندازه‌گیری شده کمتر از حد انتظار است به طوری که از این میان ۸ درصد از مقاومت‌های اندازه‌گیری شده‌ی بالای داغاب و ۲۳ درصد از مقاومت‌های پایین داغاب کمتر از ۱۵ مگاپاسکال بوده که اساساً فاقد مقاومت می‌باشد.

۸- پس از تعیین میزان مقاومت فشاری به منظور ترمیم لایه‌های آسیب دیده، باید پارامترهای ساختاری بتن شامل عیار سیمان، نسبت آب به سیمان، اندازه سنگدانه و مقدار پوزولان و ... و شرایط اجرایی و بهره‌برداری همچون میزان تراکم و نوع عمل‌آوری بتن در پوشش ترمیمی به درستی لحاظ شود تا پوشش بتنی مرغوبی جهت افزایش راندمان انتقال و توزیع آب حاصل گردد.

۹- با توجه به خروجی‌های نرم افزار SPSS، بین دو کمیت داده‌های مقاومت بالای داغاب (Top water mark) و پایین داغاب (Down water marker) رابطه همبستگی از نوع تابع نمائی با $\text{Sig. F} = 0.00$ ضریب همبستگی 0.818 وجود دارد.

مراجع

- [1]. Busse G., "Technology and concepts for the repair of concrete", Epoxy Adhesives and Mortars, Zurich, Switzerland. 2001.
- [۲]. Martin E., "A manual of techniques and materials", Conserving Buildings, New York, JohnWiley & Sons, pp 33-69. 1997.
- [3]. Naderi, M., "Using Twist-Off method measuring surface strength of concrete cured under different environments", Journal of

دانست. در واقع بتن در زیر داغاب در معرض تر و خشک شدن دائمی می‌باشد و این بتن بیشتر مستعد خرابی‌های کربناسیونی خواهد بود. کاهش حجم منافذ به سبب تشکیل مصالح حاصل از فرآیندهای کربناسیون و هیدراتاسیون و تراکم بخار آب بر روی دیواره‌های منافذ آن در تعادل با دما و رطوبت نسبی محیط پیرامون باعث ایجاد ترک و خرابی بتن شده است که این امر باعث کاهش مقاومت فشاری پوشش بتنی در پایین داغاب می‌شود.

۴- با افزایش تعداد روزهای یخبندان، کاهش حداقل درجه حرارت، افزایش سرعت باد، کاهش رطوبت و افزایش تبخیر؛ میزان مقاومت فشاری کاهش می‌یابد به همین دلیل، مقاومت بتن کانال به طور میانگین از قسمت شرقی شبکه آبیاری به سمت غرب شبکه آبیاری (از آبیک به سمت تاکستان) کاهش می‌یابد

۵- مقاومت بتن بالای داغاب به عنوان بتن دست نخورده که در معرض سیکل تر و خشک شدن، سایش و فرسایش نمی‌باشد، دارای مقادیر یکسانی نبوده و نتایج حاکی از متفاوت بودن مقاومت اندازه‌گیری شده می‌باشد. تنها عامل موثر بر آن را می‌توان نوع بهره‌برداری و میزان در دسترس بودن کانال برای کشاورزان دانست. علاوه بر این؛ شرایط محیطی همچون آب و هوا (سیکل‌های یخبندان، میزان رطوبت، تبخیر، وزش باد و جمع‌شدگی حاصل از خشک شدن بتن و ...) نیز موثر است. همچنین مناطقی که تحت تاثیر دی اکسید کربن هستند از وضعیت چندان مناسبی برخوردار نیستند. PH بتن با نفوذ و انتشار گازهای موجود در محیط و تشکیل اسیدها تغییر می‌یابد. گازهای موثر اصلی CO_2 هوا و SO_3 موجود در آب باران می‌باشد که در این میان دی اکسید کربن موجود در هوا از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد و در نتیجه نفوذ آن به درون بتن در مجاورت رطوبت آب پدیده کربناسیون و خرابی بتن روی خواهد داد که این امر موجب کاهش مقاومت بتن می‌گردد.

۶- مقاومت‌های اندازه‌گیری شده در بالا داغاب در سطح کانال، به طور میانگین بین ۱۴ مگاپاسکال تا ۳۴ مگاپاسکال و در پایین داغاب بین ۱۲ مگاپاسکال تا ۲۶

- [۱۳]. M. Naderi, A. Khonsari, "The effect of concrete strength and its bond to CFRP sheets on the ultimate strength of concrete beams", Journal of Civil Engineering. **2015**.
- [۱۴]. M. Naderi, H. Roostaei, "Estimation of concrete strength in sewer systems", Journal of Water and Wastewater. **2015**.
- [۱۵]. M. Naderi, S. V. Tabatabaei, "Effect of concrete and bond strength on the behavior of RC beams retrofitted with FRP sheets", Advances in Environmental Biology. **2013**.
- [۱۶]. Research and Education Center of Agriculture and Natural Resources of Qazvin, part of the research, Understanding the causes of degradation of concrete canal lining. (In Persian)
- [۱۷]. Meteorological Organization, the Meteorological Organization of Qazvin province, meteorological information Abyek, Qazvin and takestan, the years 1991 to 2014. (In Persian)
- [۱۸]. Water Regional Qazvin, surface irrigation, information about the hydraulic characteristics of the main channel. (In Persian)
- [۱۹]. Naderi, Mahmood, "Register of invention in registration office in Islamic Republic of IRAN", "TWIST-OFF" Test, registration number 32502. **2005**. (In Persian)
- [۲۰]. Naderi, M., "The use of friction-transfer method in prediction of IN-SITU strength of concrete", The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 33, Number 2B, October. **2008**.
- Materials in Civil Engineering, ASCE/APRIL 2011 Vol. 23, No. 4, April 1. **2011**.
- [۴]. Naderi, M., "Friction-transfer test for the assessment of in-situ strength and adhesion of cementitious materials", construction and building materials. **2005**.
- [5]. Wigggenhauser H., "Research in non-destructive testing in civil engineering", Tokyo, Japan, pp 23-39. **2001**.
- [6]. Sansalone M.J., Streett W.B., "Impact echo, non-destructive evaluation of concrete and masonry", Bull brier Press, Ithaca, N.Y; pp 1-340. **1997**.
- [7]. Naderi M., "New Twist-Off method for the evaluation of In-Situ strength of concrete", ASTM Journal of Testing and Evaluation, Volume 35, Issue 6, November. **2007**.
- [۸]. M. Naderi, O. Ghoddoosian, "Assessing the adhesion of Self-Compacting concrete and mortar applied to different concrete surfaces, Using TWIST-OFF and friction-transfer methods, and its estimation by fuzzy logic", Journal of Civil Engineering, Volume 23, Number 1. **2012**.
- [۹]. M. Naderi, O. Ghoddoosian, "Estimation of In-Situ Strength of Self-Compacting Concrete and Mortars on Different Concrete Substrate Conditions Using TWIST-OFF Method, Fuzzy Logic and Artificial Neural", Journal Concrete Research, Volume 5, Number 1. **2012**.
- [۱۰]. M. Naderi, A. Bonyadi, "Comparison of Mix-Design and compressive strengths of Leca, Scoria and Perlite lightweight concretes with using Twist-off method", Ferdosi Journal of Civil Engineering. **2012**. (In Persian)
- [۱۱]. M. Naderi, S. A. Hajinasri, "Using Twist-off method for measuring CFRP/Concrete adhesion when exposed to cyclic temperature changes, wet-dry and freeze-thaw" The Journal of Adhesion, Volume 89, Issue 7. **2013**.
- [۱۲]. M. Naderi, S. A. Hajinasri, "Determination of bond strength of CFRP sheets, exposed to temperature changes, wetting and drying, and freeze-thaw cycles, using Twist-off method", Ferdosi Journal of Civil Engineering. **2015**. (In Persian)

